

OPTICAL SYSTEM, ALIGNER, METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

Patent number: JP2004266264

Publication date: 2004-09-24

Inventor: OTSUKA MASARU

Applicant: CANON KK

Classification:


- international: G03B27/68; G03B27/68; (IPC1-7): H01L21/027; G02B17/00; G03F7/20

- european: G03B27/68

Application number: JP20040011791 20040120

Priority number(s): JP20040011791 20040120; JP20030035545 20030213

Also published as:

 US2004227915 (A1)

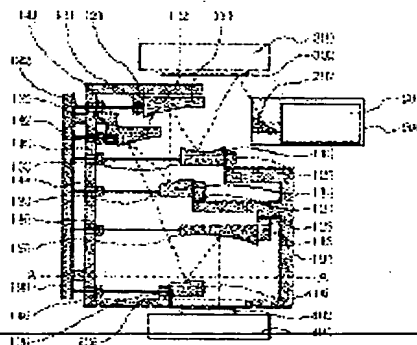
[Report a data error here](#)

Abstract of JP2004266264

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical device which can maintain the optimum relative positions of two or more optical elements in a lens barrel, and a projection aligner with the device.

SOLUTION: The optical system comprises two or more optical elements, reference mirrors, primary and secondary target mirrors that are arranged not changing their substantial relative positions to the primary and secondary optical elements in the plural of optical elements, primary and secondary measuring devices that measure the relative positions of the target mirrors to the reference mirrors, and a driving mechanism which drives at least one of the primary or secondary optical element so that their relative positions may have a specified relationship on the basis of the measurements of the primary and secondary measuring devices.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO&NCIP



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-266264

(P2004-266264A)

(43) 公開日 平成16年9月24日 (2004.9.24)

(51) Int. Cl. ⁷

H01L 21/027
G02B 17/00
G03F 7/20

F I

H01L 21/30 531A
G02B 17/00 Z
G03F 7/20 503
H01L 21/30 515D
H01L 21/30 517

テーマコード (参考)

2H087
2H097
5F046

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2004-11791 (P2004-11791)
(22) 出願日 平成16年1月20日 (2004.1.20)
(31) 優先権主張番号 特願2003-35545 (P2003-35545)
(32) 優先日 平成15年2月13日 (2003.2.13)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100090538
弁理士 西山 恵三
(74) 代理人 100096965
弁理士 内尾 裕一
(72) 発明者 大塚 勝
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
ノン株式会社内
Fターム (参考) 2H087 KA21 TA02
2H097 BA06 CA06 CA15 LA10
5F046 BA05 CB02 CB03 CB20 CB23
CB24 DA12 DA13 DB05 DC07
GA03 GA07 GA14 GB01

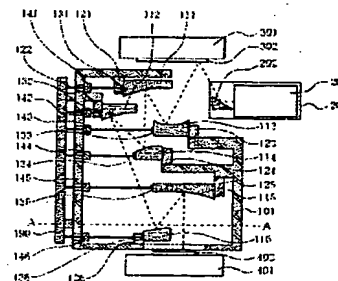
(54) 【発明の名称】 光学系、露光装置、デバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 鏡筒内に保持した複数の光学素子の相対的位置関係を最適な光学性能に維持することができる光学装置及びそれを有する投影露光装置を得ること。

【解決手段】 複数の光学素子を有する光学系であって、基準ミラーと、前記複数の光学素子のうちの第1、2の光学素子及び／又は該第1、2の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第1、2のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第1、2の計測装置と、前記第1の計測装置と前記第2の計測装置との計測結果に基づいて、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子との相対的な位置関係が、所定の位置関係になるように前記第1の光学素子と前記第2の光学素子との少なくとも一方を駆動する駆動機構を有することを特徴としている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の光学素子を有する光学系であって、
基準ミラーと、

前記複数の光学素子のうちの第1の光学素子及び／又は該第1の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第1のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第1の計測装置と、

前記複数の光学素子のうちの第2の光学素子及び／又は該第2の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第2のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第2の計測装置と、

前記第1の計測装置と前記第2の計測装置との計測結果に基づいて、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子との相対的な位置関係が、所定の位置関係になるように前記第1の光学素子と前記第2の光学素子との少なくとも一方を駆動する駆動機構を有することを特徴とする光学系。

10

【請求項 2】

前記第1の計測装置及び前記第2の計測装置は、前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーのそれぞれ3自由度以上の位置情報を計測することが可能であることを特徴とする請求項1に記載の光学系。

【請求項 3】

前記3自由度のうち、2自由度が位置を表す座標軸に関する自由度で、残りの1自由度が回転を表す座標軸に関する自由度であることを特徴とする請求項2に記載の光学系。

20

【請求項 4】

前記第1の計測装置及び前記第2の計測装置は、前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーのそれぞれ5自由度以上の位置情報を計測することが可能であることを特徴とする請求項1に記載の光学系。

【請求項 5】

前記5自由度のうち、2自由度が位置を表す座標軸に関する自由度で、残りの3自由度が回転を表す座標軸に関する自由度であることを特徴とする請求項4に記載の光学系。

【請求項 6】

前記第1の光学素子及び前記第2の光学素子を支持する鏡筒を有しており、前記基準ミラーは前記鏡筒の外側に設けられていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の光学系。

30

【請求項 7】

前記基準ミラーは、低熱膨張部材に必要な部分だけ反射膜を付けて平面ミラー加工された部材であることを特徴とする請求項6に記載の光学系。

【請求項 8】

前記第1の計測装置及び前記第2の計測装置は、前記基準ミラーと前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーとの絶対距離を測定する計測装置であって、それぞれが多波長レーザーを用いた干渉計装置であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光学系。

40

【請求項 9】

前記基準ミラーと前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーとの距離を測定する第1、第2の計測装置が単波長レーザーを用いた干渉計装置であって、前記光学系を構成する光学素子には前記単波長レーザーの半波長以下の精度で位置保証をする変位センサーを有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光学系。

【請求項 10】

前記光学系が有する第1の光学素子及び第2の光学素子の相対位置を前記基準ミラーと各光学素子との距離に置き換えて記憶する記憶手段を有しており、前記駆動装置が、前記記憶手段に基づいて前記各光学素子を駆動することを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の光学系。

50

【請求項 1 1】

前記記憶手段は、前記光学系が所望の光学性能を有する状態における前記各光学素子間の相対位置を前記基準ミラーと各光学素子との距離に置き換えて記憶していることを特徴とする請求項 1 0 に記載の光学系。

【請求項 1 2】

前記複数の光学素子のうちの第 3 の光学素子及び／又は該第 3 の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第 3 のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第 3 の計測装置と、

前記複数の光学素子のうちの第 4 の光学素子及び／又は該第 4 の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第 4 のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第 4 の計測装置と、

前記複数の光学素子のうちの第 5 の光学素子及び／又は該第 5 の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第 5 のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第 5 の計測装置と、

前記複数の光学素子のうちの第 6 の光学素子及び／又は該第 6 の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第 6 のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第 6 の計測装置と、

前記第 1 ～ 6 の計測装置の計測結果に基づいて、前記第 1 の光学素子、前記第 2 の光学素子、前記第 3 の光学素子、前記第 4 の光学素子、前記第 5 の光学素子、前記第 6 の光学素子の相対的な位置関係が所定の位置関係になるように、前記第 1 ～ 6 の光学素子の少なくとも 5 つの光学素子を駆動する駆動機構を有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 いずれかに記載の光学系。

【請求項 1 3】

前記光学素子はすべて反射部材であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 1 4】

前記複数の光学素子の相対的な最適位置関係値を記憶する記憶手段を有しており、

前記駆動機構が、前記複数の計測装置による計測結果と、前記記憶手段に記憶している最適位置関係値とに基づいて、前記複数の光学素子の少なくとも 1 つを駆動することを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 いずれかに記載の光学系。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 4 いずれか 1 項に記載の光学系を有する露光装置。

【請求項 1 6】

光源からの光でパターンを照明する照明光学系と、前記パターンからの光を被露光体に投影する、請求項 1 乃至 1 4 いずれかに記載の光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 1 7】

前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、該鏡筒を支持する鏡筒定盤とを有しており、前記基準ミラーは、前記鏡筒とは別体で前記鏡筒定盤の上に載置されていることを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 に記載の露光装置。

【請求項 1 8】

前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、該鏡筒を支持する鏡筒定盤と、前記鏡筒定盤と床との間に配置され、前記床から前記鏡筒定盤に伝播する振動を低減する第 1 除振機構を有していることを特徴とする請求項 1 5 乃至 1 7 いずれかに記載の露光装置。

【請求項 1 9】

前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、該鏡筒を支持する鏡筒定盤と、前記鏡筒定盤と床との間に配置され、前記床から前記鏡筒定盤に伝播する振動を低減する第 1 除振機構と、前記基準ミラーを支持するミラー定盤と、前記ミラー定盤と前記床との間に配置され、前記床から前記ミラー定盤に伝播する振動を低減する第 2 除振機構とを有していることを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 に記載の露光装置。

【請求項 20】

前記ミラー定盤が、前記鏡筒定盤の振動の少なくとも一部に対しては同期して振動するように制御することを特徴とする請求項 19 記載の露光装置。

【請求項 21】

デバイスの製造方法であって、
請求項 15 乃至 20 いずれかに記載の露光装置でウエハを露光する露光工程と、
前記露光されたウエハを現像する現像工程とを有することを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項 22】

少なくとも 1 つの光学素子を有する光学系における、前記少なくとも 1 つの光学素子の位置調整方法であって、

前記少なくとも 1 つの光学素子及び／又は該少なくとも 1 つの光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置されたターゲットミラーの、基準ミラーに対する相対的な位置を測定する工程と、

前記測定工程の測定結果に基づいて、前記少なくとも 1 つの光学素子及び／又は前記ターゲットミラーの位置が所定の位置になるように駆動する駆動工程とを有することを特徴とする位置調整方法。

【請求項 23】

前記光学系が複数の光学素子を有しており、

前記光学系が所望の光学性能を得られる状態における、前記複数の光学素子の相対的な位置関係を記憶する記憶工程を有しており、

前記測定工程において、前記複数の光学素子の相対的な位置関係を測定し、

前記駆動工程において、前記測定結果及び前記記憶工程で記憶した情報に基づいて、前記複数の光学素子のうち少なくとも 1 つの光学素子を駆動することを特徴とする請求項 22 に記載の位置調整方法。

【請求項 24】

前記記憶手段は、搬送前の前記複数の光学素子の相対的な位置関係を記憶しており、前記搬送後に前記測定工程が実行され、前記記憶工程で記憶した情報及び前記測定結果に基づいて、前記駆動工程において前記少なくとも 1 つの光学素子を駆動することを特徴とする請求項 23 に記載の位置調整方法。

【請求項 25】

複数の光学素子と、

前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、

前記数の光学素子の 1 以上の光学素子各々に対して実質的に相対的な位置が変わらないターゲットミラーと、

前記 1 以上の光学素子を駆動する駆動手段と、

前記鏡筒の外側に設けた基準ミラーと、

前記基準ミラーに対する前記ターゲットミラーの位置を計測する計測手段と、

前記複数の光学素子の相対的な最適位置関係値を記憶する記憶手段と、

を有しており、

前記駆動手段は、前記計測手段による計測結果と、前記記憶手段に記憶している最適位置関係値とに基づいて、前記複数の光学素子の少なくとも 1 つを駆動することを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系及びそれを有する露光装置に関し、特に EUV（極端紫外光）と呼ばれる極めて短波長の光を用いてレチクルのパターンをウエハ上に撮影露光し、IC や LS I 等の半導体素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ工程で製造する際の光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来より紫外光を用いた半導体素子製造用の投影露光装置に用いる光学系では、レチクルとよばれる原盤パターンをウェーハに焼き付ける為に、ガラスやある種の結晶材料からなるレンズのレンズ面を高精度に研磨加工し、この単体レンズを複数個、各々の光軸が一致するように鏡筒内で組み立てている。高精度な光学系を製造するには、複数のレンズの光軸を高精度に一致させる必要がある。各レンズの光軸の一致を保証するために、鏡筒と呼ばれる高精度に内径加工された金属円筒を用い、この中にレンズを納める事で機械的に行っている。

【0003】

これに対し、EUV光を用いた半導体素子製造用の投影露光装置（以下EUV露光装置）ではその波長域において透明な材料（光学材料）が極めて少ない上、それらの材料に於いても屈折率がほぼ1に近く、紫外光のように自由に光線を曲げるレンズを製作することが困難である。この為、特殊な増反射多層膜をコートしたミラーを複数個用いた光学系を用いてレチクルのパターンをウェーハ上に投影することが必要になる。

【0004】

この制約により、EUV露光装置に用いる光学系ではすべてミラーで構成された投影露光系が必要となってくる、一般に光学設計ではミラーの光軸が一致するようになっているが、制作上は有効領域が光軸から離れたオフアキシス領域を使用し、光線の通り道を確認するためにミラーの外形形状が円形とならずに切り欠きを有するものとなってくる。

【0005】

EUV露光装置が要求される投影解像度は線幅が50nm程度より小さく、極めて微細なパターン露光ができることである。このため、EUV露光装置に許容される収差も極めて微量なものである。又、EUV光は大気中で減衰が激しいため、投影露光用の光学系は高真空中に配置する必要がある、従来の機械的寸法に依存した光学素子の調整、性能維持が困難な状況となる。

【0006】

従来より、EUV用では無いが投影露光レンズを構成する単レンズを微動調整可能な鏡筒構造が知られている。（例えば特許文献1、2）。この例では一枚のレンズに6自由度のアクチュエータ付き微動機構が付加されており、外部からの指令によりレンズの微小な位置の調整が可能となっている。

【特許文献1】特開2002-350702号公報

【特許文献2】特開2003-005006号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

レチクル上のパターンをウェーハに投影する為の投影光学系はそれを構成する全ての光学素子の相対位置を厳密に調整する必要がある。例えば先述の公知例では各ミラーにアクチュエータ付き6自由度を有する微動機構が付加されている。そしてそれらの各ミラーの調整目標位置を各アクチュエータの近傍に配置された変位センサーからの信号を用いて調整している。

【0008】

しかしながら、一般に変位センサーによる計測はその絶対位置を高精度に保証することが困難である。例えば静電容量センサーのようにセンサーとターゲットの隙間を静電容量という電気的特性値に置き換えて計測する原理を利用したセンサーでは、電源を落とした後に再度、電源投入した場合、静電容量を検知する電気回路のドリフト等により変位センサーが指示する位置は電源を落とす前と同じ物理位置にならないことが多い。また光学スケールのように物理的基準を持つセンサーでは絶対位置をスケールの物理的安定性のレベルで保証する事が可能である。しかしながら、光学スケールが鏡筒に取り付けられているために、取り付け位置である鏡筒が熱膨張や応力などにより変形した場合には光学素子の

相対位置は保証されなくなってしまう。

【0009】

本発明は、鏡筒内に保持した複数の光学素子の相対的位置関係を最適な光学性能に維持することができる光学系及びそれを有する露光装置の提供を目的とする。

【0010】

この他、本発明は投影光学系を保持する鏡筒とは構造的に独立な基準部材を設け、該基準部材から投影光学系を構成する各光学素子の絶対距離を計測する計測手段（計測装置）を利用することで、ある時点で調整の完了した各光学素子の相対位置関係を輸送、長期休止、故障、経時変化などの状態変化が起きるイベント後にも容易に復元でき、常に良好な光学性能が得られる光学装置及びそれを有する投影露光装置の提供を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために本発明の光学系は、複数の光学素子を有する光学系であって、基準ミラーと、前記複数の光学素子のうちの第1の光学素子及び／又は該第1の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第1のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第1の計測装置と、前記複数の光学素子のうちの第2の光学素子及び／又は該第2の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第2のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第2の計測装置と、前記第1の計測装置と前記第2の計測装置との計測結果に基づいて、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子との相対的な位置関係が、
所定の位置関係になるように前記第1の光学素子と前記第2の光学素子との少なくとも一方を駆動する駆動機構を有することを特徴としている。

20

【0012】

ここで、前記第1の計測装置及び前記第2の計測装置は、前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーのそれぞれ3自由度以上の位置情報を計測することが可能であることを特徴としている。また、前記3自由度のうち、2自由度が位置を表す座標軸に関する自由度で、残りの1自由度が回転を表す座標軸に関する自由度であることを特徴としている。

【0013】

また、前記第1の計測装置及び前記第2の計測装置は、前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーのそれぞれ5自由度以上の位置情報を計測することが可能であることを特徴としている。ここで、前記5自由度のうち、2自由度が位置を表す座標軸に関する自由度で、残りの3自由度が回転を表す座標軸に関する自由度であることを特徴としている。

30

【0014】

また、前記第1の光学素子及び前記第2の光学素子を支持する鏡筒を有しており、前記基準ミラーは前記鏡筒の外側に設けられていることを特徴としている。ここで、前記基準ミラーは、低熱膨張部材に必要な部分だけ反射膜を付けて平面ミラー加工された部材であることを特徴としている。

【0015】

また、前記第1の計測装置及び前記第2の計測装置は、前記基準ミラーと前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーとの絶対距離を測定する計測装置であって、それぞれが多波長レーザーを用いた干渉計装置であることを特徴としている。また、前記基準ミラーと前記第1のターゲットミラー及び前記第2のターゲットミラーとの距離を測定する第1、第2の計測装置が単波長レーザーを用いた干渉計装置であって、前記光学系を構成する光学素子には前記単波長レーザーの半波長以下の精度で位置保証をする変位センサーを有することを特徴としている。

40

【0016】

また、前記光学系が有する第1の光学素子及び第2の光学素子の相対位置を前記基準ミラーと各光学素子との距離に置き換えて記憶する記憶手段を有しており、前記駆動装置が

50

、前記記憶手段に基づいて前記各光学素子を駆動することを特徴としている。ここで、前記記憶手段は、前記光学系が所望の光学性能を有する状態における前記各光学素子間の相対位置を前記基準ミラーと各光学素子との距離に置き換えて記憶していることを特徴としている。

【0017】

また、前記複数の光学素子のうちの第3の光学素子及び／又は該第3の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第3のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第3の計測装置と、前記複数の光学素子のうちの第4の光学素子及び／又は該第4の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第4のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第4の計測装置と、前記複数の光学素子のうちの第5の光学素子及び／又は該第5の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第5のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第5の計測装置と、前記複数の光学素子のうちの第6の光学素子及び／又は該第6の光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないように配置された第6のターゲットミラーの、前記基準ミラーに対する相対的な位置を測定する第6の計測装置と、前記第1～6の計測装置の計測結果に基づいて、前記第1の光学素子、前記第2の光学素子、前記第3の光学素子、前記第4の光学素子、前記第5の光学素子、前記第6の光学素子の相対的な位置関係が所定の位置関係になるように、前記第1～6の光学素子の少なくとも5つの光学素子を駆動する駆動機構を有することを特徴としている。ここで、前記光学素子はすべて反射部材であること

【0018】

また、前記複数の光学素子の相対的な最適位置関係値を記憶する記憶手段を有しており、前記駆動機構が、前記複数の計測装置による計測結果と、前記記憶手段に記憶している最適位置関係値とに基づいて、前記複数の光学素子の少なくとも1つを駆動することを特徴としている。

【0019】

また、本発明の露光装置は、上述のいずれかの光学系を有することを特徴としている。また、光源からの光でパターンを照明する照明光学系と、前記パターンからの光を被露光体に投影する、上述のいずれかの光学系とを有することを特徴としている。

【0020】

ここで、前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、該鏡筒を支持する鏡筒定盤とを有しており、前記基準ミラーは、前記鏡筒とは別体で前記鏡筒定盤の上に載置されていることを特徴としている。また、前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、該鏡筒を支持する鏡筒定盤と、前記鏡筒定盤と床との間に配置され、前記床から前記鏡筒定盤に伝播する振動を低減する第1除振機構を有していることを特徴としている。また、前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、該鏡筒を支持する鏡筒定盤と、前記鏡筒定盤と床との間に配置され、前記床から前記鏡筒定盤に伝播する振動を低減する第1除振機構と、前記基準ミラーを支持するミラー定盤と、前記ミラー定盤と前記床との間に配置され、前記床から前記ミラー定盤に伝播する振動を低減する第2除振機構とを有していることを特徴としている。ここで、前記ミラー定盤が、前記鏡筒定盤の振動の少なくとも一部に対しては同期して振動するように制御することを特徴としている。

【0021】

また、本発明のデバイスの製造方法は、上述のいずれかの露光装置でウエハを露光する露光工程と、前記露光されたウエハを現像する現像工程とを有することを特徴としている。

【0022】

また、本発明の位置調整方法は、少なくとも1つの光学素子を有する光学系における、前記少なくとも1つの光学素子の位置調整方法であって、前記少なくとも1つの光学素子及び／又は該少なくとも1つの光学素子に対する相対的な位置が実質的に変化しないよう

に配置されたターゲットミラーの、基準ミラーに対する相対的な位置を測定する工程と、前記測定工程の測定結果に基づいて、前記少なくとも1つの光学素子及び／又は前記ターゲットミラーの位置が所定の位置になるように駆動する駆動工程とを有することを特徴としている。

【0023】

ここで、前記光学系が複数の光学素子を有しており、前記光学系が所望の光学性能を得られる状態における、前記複数の光学素子の相対的な位置関係を記憶する記憶工程を有しており、前記測定工程において、前記複数の光学素子の相対的な位置関係を測定し、前記駆動工程において、前記測定結果及び前記記憶工程で記憶した情報に基づいて、前記複数の光学素子のうち少なくとも1つの光学素子を駆動することを特徴としている。また、前記記憶手段は、搬送前の前記複数の光学素子の相対的な位置関係を記憶しており、前記搬送後に前記測定工程が実行され、前記記憶工程で記憶した情報及び前記測定結果に基づいて、前記駆動工程において前記少なくとも1つの光学素子を駆動することを特徴としている。

【0024】

また、本発明の別の側面の光学装置は、複数の光学素子と、前記複数の光学素子を保持する鏡筒と、前記数の光学素子の1以上の光学素子各々に対して実質的に相対的な位置が変わらないターゲットミラーと、前記1以上の光学素子を駆動する駆動手段と、前記鏡筒の外側に設けた基準ミラーと、前記基準ミラーに対する前記ターゲットミラーの位置を計測する計測手段と、前記複数の光学素子の相対的な最適位置関係値を記憶する記憶手段とを有しており、

前記駆動手段は、前記計測手段による計測結果と、前記記憶手段に記憶している最適位置関係値とに基づいて、前記複数の光学素子の少なくとも1つを駆動することを特徴としている。

【発明の効果】

【0025】

本実施形態によれば鏡筒内に保持した複数の光学素子の相対的な位置関係を最適な光学性能に維持することができる光学装置及びそれを有する投影露光装置を達成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、図面を用いて本発明の実施形態について詳細に述べる。

【0027】

(第1の実施形態)

図1は本発明の実施形態1の要部断面図、図2は図1のA-A断面図である。

【0028】

本実施形態はEUV光を用いた露光装置（主に投影光学系）であり、レチクル（マスク）302に描かれたパターンをウエハ402に所定の縮小倍率で投影する場合を示している。投影露光装置としてステップアンドリピート方式のときは、ウエハ402上の一領域を一括露光する。ステップアンドリピート方式のときはレチクルステージ301とウエハステージ401とを縮小倍率の比に基づいて同期して移動し走査露光する。200は照明光学系であり、光源ユニット201からの光（EUV光）でミラー202を介しレチクル（マスク）302に描かれた微細パターンを照明している。このレチクル302からの反射光を第1～6ミラー111～116（投影光学系）を介してウエハ402に導いている（レチクル302からの反射光が通過する順は、第3ミラー113、第1ミラー111、第4ミラー114、第2ミラー112、第6ミラー116、第5ミラー115の順である。）。

【0029】

本実施形態では、レチクル302に描かれたパターンを正、正、負、正、負、正の屈折力の第1～第6ミラーを含む投影光学系でウエハ402に縮小投影している。

【0030】

投影光学系の屈折力配置は、これに限らず、複数のミラーから成る構成が適用できる。

【0031】

各ミラーの1以上は、レチクル302のパターンからの光系の第3Lが少なくなるように外形を一部分削除した回転非対称となっている。

【0032】

レチクル302のパターンは投影光学系の光軸外の所定領域に位置している。投影光学系は軸外領域のみを用いてレチクル302のパターンをウエハ402に縮小投影している。投影露光領域は、例えば軸外の軸帯領域を有効領域として用いている。

【0033】

ここで、光源ユニット201は光を折り曲げミラー202に導く光学系を含んでいる。301はレチクル302を支持し、駆動するレチクルステージ、401はウエハ402を支持及び駆動するウエハステージである。

10

【0034】

101は主に投影光学系を構成する光学素子111～116を支持する鏡筒である。121、122、123、124、125、126はそれぞれ第1、第2、第3、第4、第5、第6ミラー111～116を微動駆動するための第1、第2、第3、第4、第5、第6微動機構（駆動手段）である。131、132、133、134、135、136はそれぞれ第1、第2、第3、第4、第5、第6ターゲットミラーである。141、142、143、144、145、146はそれぞれ第1、第2、第3、第4、第5、第6絶対測長干渉計（波長が異なる複数の光をそれぞれ干渉させて絶対距離を求める測定装置）であり、後述する基準ミラー190と各々のターゲットミラー131～136との距離を計測している。190は基準ミラーであり、光学素子111～116や光学素子の支持部等が露光熱等により膨張、収縮、変形した場合でも、鏡筒101に対して実質的に位置が変化しない、もしくは変形しないような位置及び又は材質で形成されている。

20

【0035】

ここで、ターゲットミラー131～136は第1～第6ミラー111～116に近接、または一体的に配置されており、たとえ温度が変化したとしても、第1～第6ミラー111～116とターゲットミラー131～136との相対的な位置関係が変化しないように設置している。そして、絶対測長干渉計141から146は、鏡筒101に位置変化や変形が小さくなるように取り付けられた基準ミラー190とターゲットミラー131～136との絶対距離を絶対測長干渉計141～146で計測できるようになっている。

30

【0036】

ここで、基準ミラー190は鏡筒101に対する相対位置が実質的に変化せず、変形しないような位置であればどこに配置されていても良い。例えば、鏡筒101の外側に配置されていたり、第1～第6ミラー111～116やその他の熱源からの輻射熱を遮断する光学素子を介した位置に配置されていたりするのが好ましい。具体的には、図9（変形例1）や図10（変形例2）に示すように構成するのが望ましい。図9においては、鏡筒を支える鏡筒定盤194の上に、基準ミラー190とこの基準ミラー190を支持する基準ミラー支持部材191とが搭載された例を示している。ここで、鏡筒定盤は、床からの振動を低減（好ましくは取り除くことが可能な）する鏡筒用除振台の上に配置されている。また、基準ミラー支持部材191は、例えばZerodur等の低熱膨張材料を用いるのが好ましい。このような構成にすれば、基準ミラーの反射面（基準反射面）の振動を鏡筒101全体の低周波の振動に追従させることができ、各ミラー111～116の相対的な位置合わせも正確に行うことができる。図10においては、鏡筒を支持している鏡筒定盤とは別体で基準ミラー定盤195を備えており、その基準ミラー定盤の上に基準ミラー190及び基準ミラー支持部材191を載置している。ここで、基準ミラー定盤195は床に対して基準ミラー用除振台を介して支持されており、この基準ミラー用除振台を用いて床からの振動を低減している。さらに、この基準ミラー定盤は、鏡筒定盤に対して相対的な位置を測定する位置センサーを有しており、鏡筒定盤の低周波の振動に対して基準ミラ

40

50

一定盤が追従して振動するような構成としていることが望ましい。また、ここで、図9の例も図10の例も基準ミラーは鏡筒を含む空間を囲むチャンバー（不図示）の内側に配置されており、そのチャンバーの内部は真空雰囲気である。

【0037】

また、本実施例においては、ミラーのXY平面内（略水平平面内）の位置合わせを行っているが、勿論ミラーのZ方向（略鉛直方向、光軸方向）の位置合わせを行っても良い。具体的には、図1、2、9、10に記載したような干渉計からの光を反射して略Z方向に折り曲げる折り曲げミラーもしくは折り曲げプリズムと、第1～6ミラーもしくは第1～6ミラーを支持している部材に反射面が鉛直方向に向いているターゲットミラーとを設け、前述の折り曲げミラーもしくは折り曲げプリズムからの光をターゲットミラーに導けば、図1、2、9、10に示したのと同様の干渉計（つまり、鏡筒外にある基準ミラーを用いて光を干渉させる）を用いて、第1～6ミラーのZ方向の位置を測定することが可能となる。この測定結果に基づいて第1～6ミラーのZ方向の位置合わせを行うようにしても構わない。ここで、折り曲げミラーもしくは折り曲げプリズムは、第1～6ミラーもしくはそれを支持している部材に一体的に取り付けても構わない。このような構成、すなわちXY平面内の光（位置測定用の光線、光束）をZ方向に折り曲げて、この折り曲げた光を第1～6ミラーに対して取り付けられたターゲットミラーに導くことにより、第1～6ミラーの位置を測定するような構成は本実施例に含まれるものとする。このような構成で第1～6ミラーのZ方向の位置合わせを行う場合、好ましくは、XY平面内の位置合わせ、X軸回り、Y軸回りの回転軸の位置合わせを行った後に、Z方向の位置合わせを行うことが好ましい。

【0038】

さらに基準ミラー190もターゲットミラー131～136も熱による変形が小さい材質で構成されていることが好ましい。

【0039】

絶対測長干渉計は例えば特開平03-009202号公報に開示されているようなものであり、多波長を用いて基準ミラー190とターゲットミラー131～136の間隔そのものを厳密に計測するものである。

【0040】

次に図2を用いて、図1のA-A断面における各部材を説明する。この図2において、116は第6ミラー、126は第6微動機構、136a、136b、136cは各々ターゲットミラー、146a、146b、146cは各々絶対測長干渉計、156a、156b、156cは各々絶対測長干渉計用受光素子ユニット、190a、190bは各々基準ミラーである。ここで、このようなターゲットミラー及び微動機構は第1～第6ミラー111～116のすべてのミラーに設ける必要は無く、選択的に2つ以上のミラーに対して配置するようにしても良い。ここでは例示的に第6ミラー116に対してターゲットミラー及び微動機構を配置することとした。

【0041】

又、1つの光学素子（ミラー）にも設けるターゲットミラーと微動機構は1以上いくつあっても良い。

【0042】

これらの絶対測長干渉計146a～146cは、図2に示すように水平面内において、第6ミラー116に近接、または一体的に配置されているターゲットミラー136a、136b、136cと、鏡筒101に変形が小さくなるように取り付けられた基準ミラー190a、190bとの絶対距離を絶対測長干渉計146a、146b、146cで計測できるようになっている。ここで、ターゲットミラー136a～136cを介した光は絶対測長干渉計用受光素子ユニット156a、156b、156cで電気信号に変換され、不図示の処理ハードウェアがコンピュータで扱えるデジタルデータに変換する。このように絶対測長干渉計146a、146b、146cを用いることにより、第6ミラー116の水平面内（図2の紙面を含む平面内）における、鏡筒101に対する位置、及び水平面内

でのミラーの回転を測定している。

【0043】

この絶対測長干渉計における光路を図5を用いて詳細に説明する。光源から導かれた入射光のうち参照光は、略立方体に三角柱もしくは四角錐を貼り付けたプリズム10内部で折り返して、受光素子に入射する、すなわち、11、12、13という光路を辿って受光素子14に入射する。一方、入射光のうち被測定光は、前述のプリズム10に入射及び反射されてプリズム10を出射した後、ターゲットミラー15（反射）、プリズム10（透過）、基準ミラー16（反射）、プリズム10（反射）、基準ミラー16（反射）、プリズム10（透過）、ターゲットミラー15（反射）、プリズム10（反射）を介して受光素子14に入射する、すなわち、光路1、2、3、4、5、6、7、8、9という光路を辿って受光素子14に入射する。ここで、前述のプリズム10は偏光ビームスプリッターとミラーの組み合わせに置き換えても構わない。また、前述のプリズムとターゲットミラーとの間及び前述のプリズムと基準ミラー16との間には、 $\lambda/4$ 板（4分の λ 板）が配置されている。

【0044】

ここでは、このような絶対測長干渉計に用いられる光源は複数波長の光源を用いて等価的に長い波長を形成して、絶対光路長をある範囲まで絞り込みんだ後、単一波長の位相計測を行って波長より細かい精度で長さを決めて行く。この複数波長光源のうちの1つは、ヨウ素ガス分子の吸収帯（ヨウ素吸収線）のような安定した吸収帯を基準にロックされるように波長制御をかけている。そのため、光源からの光の波長は、その波長の 10^{-9} 倍程度しか波長が変動しない。従って、このような光源を用いると、被測定対象物距離の 10^{-9} 倍程度の誤差しか発生しなくなる。すなわち、1000mmの基準ミラー、ターゲットミラー間距離を1nm精度で保証する事が可能であることを意味している。

【0045】

本実施形態においては、絶対測長干渉計146a、146bで基準ミラー190aと複数のターゲットミラー136a、136bそれぞれとの絶対距離の測定を行っている。しかし、それに限らず、複数のターゲットミラー136a、136bとの絶対距離を測定する対象である基準ミラー190aはそのミラー面が一体である必要は無く、ターゲットミラー136aとの絶対距離を測定する基準ミラーと136bとの絶対距離を測定する基準ミラーとが別体であっても構わない。例えば、個々のターゲットミラーに対して、図3に示すように保持部材191に接着またはネジ止めなどの方法で鏡筒に取り付けられた基準ミラー190aを用いても構わない。

【0046】

第1～第6ミラー111～116は透過波面干渉計や、焼き付け評価などの結果を基に微動機構121～126を用いて厳密な調整がなされ露光性能が確認された段階で、図4に示すように、絶対測長干渉計141～146を用いてそのミラー111～116の位置関係データ計測し、その情報を制御装置（制御手段）41に付随した記憶装置（記憶手段）42に記憶しておく。そうすれば、露光装置を半導体工場への輸送した後や又は停電後、露光装置を一定時間停止した後等に、記憶されたデータを基にして、第1～第6ミラー111～116の位置を調整する、すなわちミラー111～116の相対的な位置関係が変化していた場合、相対的な位置関係の変化を修正するように微動機構121～126を駆動することができ、露光装置の光学性能を所望の性能に保つことができる。

【0047】

つまり、図1の投影露光装置において、紙面に垂直な方向をX軸、レチクル及びウエハに対して略垂直な方向をZ軸、X軸及びZ軸に対して垂直な方向をY軸とする。（図2においては、紙面に垂直な方向がZ軸、ターゲットミラー136aと136bとが並んでいる方向がX軸、このZ軸及びX軸の両方に対して垂直な方向がY軸である。）このように軸を設定すると、実施形態1においては、X軸、Y軸、Wz軸（Z軸を中心とした回転軸）に関する位置変化を保証することができる。

【0048】

次に図4に示す投影露光装置の動作を簡単に説明する。ここでは、まずEUV露光装置の投影光学系の光学素子（第1～第6ミラー）111～116の基準ミラー190に対する位置を絶対距離測定装置（絶対測長干渉計）141～146を用いて測定し、その測定結果を制御装置41に送り、記憶装置42により記憶している。そして、一定時間後同様に投影光学系の基準ミラー190に対する位置を絶対距離測定装置141～146を用いて測定し、その測定結果と記憶装置42が記憶している測定結果とにずれが生じた場合、制御装置41がドライバー43を経由して微動装置121～126に指令を送り、その指令に従って微動装置121～126が投影光学系の光学素子111～116を駆動している。

【0049】

（第2の実施形態）

図6は本発明の実施形態2の一部分の概略図である。

10

【0050】

実施形態2では、図6に示したように、2つの絶対測長干渉計146d、146eをZ軸方向に並べて配置している。このように2つの絶対測長干渉計146d、146eを配置することにより、Wx軸（X軸を中心とした回転軸）に関する第6ミラー116の位置を測定することができるため、第6ミラー116のWx軸に関する位置調整を行うことができる。また、同様に図2におけるターゲットミラー136cに対して、同様にZ軸方向に並んで配置した2つの絶対測長干渉計を配置することにより、Wy軸に関する第6ミラー116の位置を測定することができ、第6ミラー116のWy軸に関する位置調整を行うことができる。

20

【0051】

このように実施形態2は実施形態1に加えて2自由度すなわちWx軸、Wy軸に関する第6ミラー116の位置を基準ミラー190に対して保証するためにZ軸方向に複数の絶対測長干渉計を並べて配置した例であり、これにより第6ミラー116の位置が実施形態1の3軸に加えてさらに2軸について保証される。

【0052】

実施形態2において、Wx、Wy、Wzといった角度については必ずしも基準ミラー190a、190bとの関係を計測しなくても、距離計測が基準ミラーとターゲットミラーの光路長差を計測しているのに対し、角度計測は基準をターゲットミラー（の距離L離れた位置）に取るようにすればその光路長差/Lが角度となるから、ターゲットミラー上の離れた2点の距離を計測することによって、Wx、Wy、Wzを保証する事も可能である。

30

【0053】

次に本発明の実施形態3について説明する。

【0054】

実施形態1、2では、投影露光系ミラー（第1～第6ミラー111～116）に近接、または一体的に配置されたターゲットミラー131～136の位置の、基準ミラー190の位置に対する位置を測定するために絶対測長干渉計141～146という測定系を使用した。しかし、絶対測長干渉計を用いるには多波長の光源を必要とする。一般に光の波長を基準とする計測装置では、波長より長い測定対象がある場合に波長の整数倍とその位相を計測することによる小数部分とを計測するが、この整数部分を決定する事が困難である場合が多い。絶対測長干渉計はこの整数部分を決定するために多波長光源を使用している。

40

【0055】

これに対し基準ミラーとターゲットミラー間の距離が測長器光源波長の半分より高い精度で別途保証する事が出来る場合は、位相測定を実施するだけで良いことになる。すなわち、前述の波長の小数部分のみが分かれば、位置の測定を行うことができる。

【0056】

実施形態3では、静電容量や渦電流を使用した変位センサーを併用し、これらのセンサ

50

ーのドリフト等を含む絶対精度が測長光の半分以下とする精度設計を行うことで絶対測長干渉計を使用する事が回避可能としている。

【0057】

以上の各実施形態は投影露光装置に限らず、高性能な光学性能を必要とする光学系に適用することができる。特に、投影露光装置の投影光学系のような、高い光学性能を必要とする光学系には適している。また、EUV光を用いた投影露光装置のように光路周辺を高真空にする必要のある光学系を有する装置や、光路周辺をヘリウムガスや窒素ガスで覆う光学系を有する装置に適用すると、光学的な性能を光路周辺の雰囲気を壊すこと無く保証することができるため、スループットの向上、コストの削減等に大変有用である。

【0058】

以上述べたように各実施形態によれば投影露光系を構成するミラーの相対位置関係を精密に維持するために、鏡筒に取り付けた基準平面ミラーと各ミラーとの絶対位置を計測する計測手段と該計測手段による測定データに基づきミラー位置を補正移動させる微動手段とを用いることにより、定期的もしくは停電、移設などのイベント後に微動補正することで、最初に調整された光学性能を維持することが出来る。

【0059】

次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。図7は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。

【0060】

ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0061】

図8は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0062】

本実施形態の投影露光装置を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。また、本実施形態によれば鏡筒内に保持した複数の光学素子の相対的位置関係を最適な光学性能に維持することができる光学装置及びそれを有する投影露光装置を達成することができる。さらに、投影光学系を保持する鏡筒とは構造的に独立な基準部材を設け、該基準部材から投影光学系を構成する各光学素子の絶対距離を計測する計測手段を利用することで、ある時点で調整の完了した各光学素子の相対位置関係を輸送、長期休止、故障、経時変化などの状態変化が起きるイベント後にも容易に復元でき、常に良好なる光学性能が得られる光学装置及びそれを有する投影露光装置を達成する

ことができる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】 本発明の実施形態1の要部概略図

【図2】 図1のA-A断面図

【図3】 本発明の実施形態1の一部分を変更した説明図

【図4】 本発明の実施形態1のフローチャート

【図5】 図2の一部分の説明図

【図6】 本発明の実施形態2の一部分の説明図

【図7】 本発明の半導体デバイスの製造方法のフローチャート

10

【図8】 本発明の半導体デバイスの製造方法のフローチャート

【図9】 本発明の実施形態1の変形例1の要部概略図

【図10】 本発明の実施形態1の変形例2の要部概略図

【符号の説明】

【0064】

101 鏡筒

111、112、113、114、115、116 投影露光系ミラー

121、122、123、124、125、126 微動機構

131、132、133、134、135、136a、136b、136c 測長器ターゲットミラー

20

141、142、143、144、145、146a、146b、146c、146d
絶対測長干渉計

156a、156b、156c 絶対測長干渉計用受光素子ユニット

190a、190b 基準ミラー

191 基準ミラー保持部材

200 照明光学系

202 折り曲げミラー

301 レチクルステージ

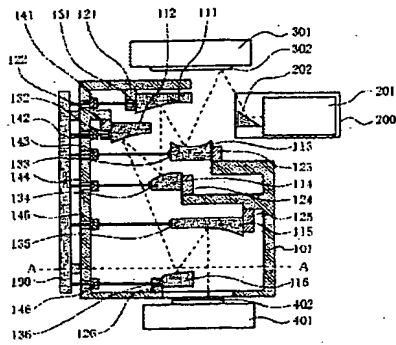
302 レチクル

401 ウエハステージ

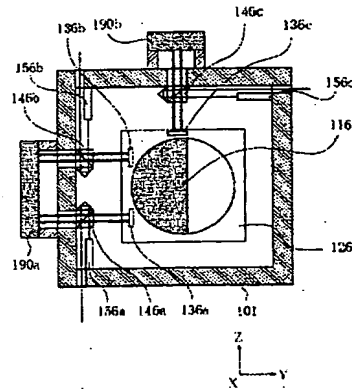
30

402 ウエハ

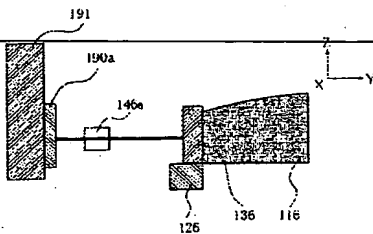
【図 1】



【図 2】

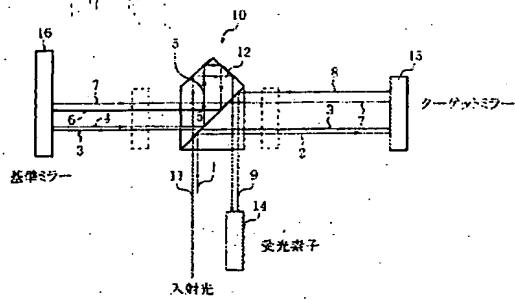


【図 3】

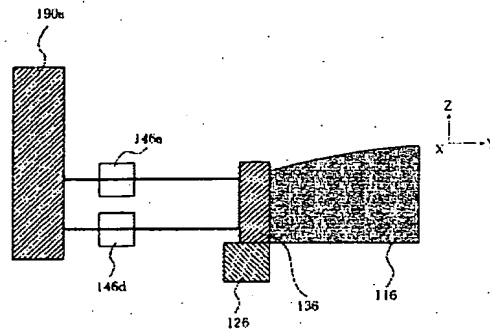


BEST AVAILABLE COPY

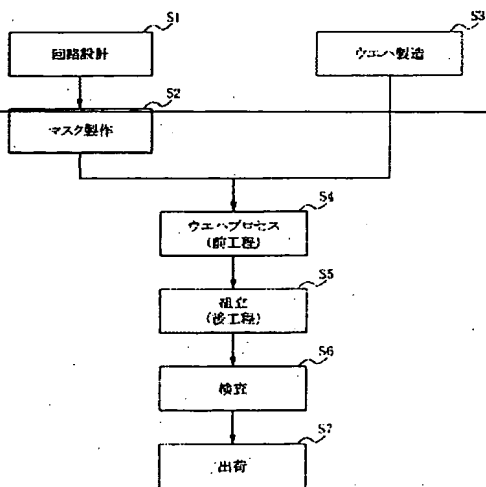
【図 5】



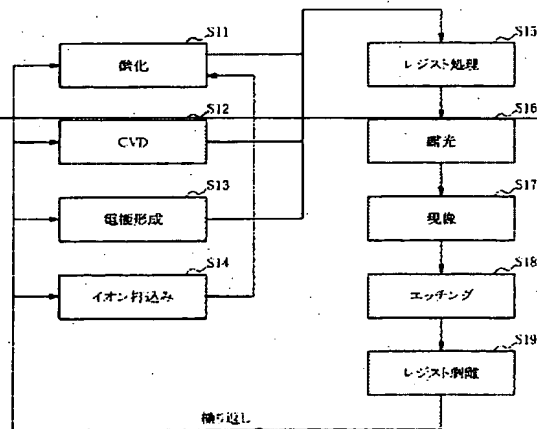
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】 BEST AVAILABLE COPY 【図 10】

